

学校编码: 10384

学号: 200434041

分类号\_\_\_\_\_密级\_\_\_\_\_

UDC \_\_\_\_\_

厦 门 大 学

学 位 论 文

# 实物期权在我国石油勘探开发项目决策中的应用

Applying Real Option Method To The Oil & Gas  
Exploration and Production Project

王 亮

指导教师姓名: 郭 晓 梅 副教授

专 业 名 称: 环 境 科 学

论文提交日期: 2007 年 4 月

论文答辩时间: 2007 年 6 月

学位授予日期: 2007 年 6 月

答辩委员会主席: 钱争鸣教授

评阅人: 张 蕊教授

蒋尧明教授

2007 年 6 月

## 2007 年 6 月厦门大学学位论文原创性声明

兹呈交的学位论文，是本人在导师指导下独立完成的研究成果。本人在论文写作中参考的其他个人或集体的研究成果，均在文中以明确方式标明。本人依法享有和承担由此论文产生的权利和责任。

声明人（签名）：

## 厦门大学学位论文著作权使用声明

本人完全了解厦门大学有关保留、使用学位论文的规定。厦门大学有权保留并向国家主管部门或其指定机构送交论文的纸质版和电子版,有权将学位论文用于非赢利目的的少量复制并允许论文进入学校图书馆被查阅,有权将学位论文的内容编入有关数据库进行检索,有权将学位论文的标题和摘要汇编出版。保密的学位论文在解密后适用本规定。

本学位论文属于

1. 保 密 ( ), 在年解密后适用本授权书。

2. 不保密 ( )

(请在以上相应括号内打“√”)

作者签名: 日期: 年 月 日

导师签名: 日期: 年 月 日

## 摘要

随着中国经济的高速发展，中国对能源的需求越来越大，而作为世界第一战略物资的石油对中国经济的继续发展起到了举足轻重的作用。为了满足中国对能源的需求，我们除了大量进口原油外，还需要科学的勘探开发本土的油气资源。然而目前国内在评价油气资源价值上仍延用 20 世纪 90 年代初期的投资评价方法，忽略了石油勘探开发项目的特殊性，从而造成了较大的偏差，错失投资良机，因此，开发一种灵活有效的评价方法就显得非常的重要。

贴现现金流量指标实际上都是通过分析项目寿命期内现金流量序列后计算获得的，其在计算过程中暗含以下两个假设：（1）项目投资机不可失，投资在期初或某一时刻必然发生；（2）只要投资一旦发生，经营者对投资结果不予控制，表现为项目在投资期内持续运行，不存在中途改变的可能。因此，用其计算项目的价值就不能考虑到决策者的投资柔性，从而低估项目价值。

作为传统 DCF 方法的改进，风险分析技术虽然上述方法都考虑了不确定性的因素，对未来项目现金流的概率分布进行了有效估计，但是它们没有解决未来决策的相机性如何影响投资项目的风险及相应贴现率的问题。并且，无论运用“直觉方法”和“分析方法”，虽然分别遵循不同的思考途径，但仍然未能脱离 DCF 方法的基本形态。

实物期权是由金融期权发展而来的用于处理一些具有不确定性投资结果的非金融资产的一种投资决策工具。将实物期权法引入油气勘探项目的经济评价的最主要原因就是：实物期权法可以解决风险大、不确定性大的项目的经济评价和投资决策，而油气勘探项目最大的特点恰恰就是风险大、不确定性大，并且投资一般为多阶段投资。实物期权法将油气勘探项目的各个阶段分别作为一个整体来考虑，在每个阶段结束后，石油公司都可以决定是否继续投资。

本论文通过对中国石油天然气股份有限公司下某含油气盆地勘探开发项目作实证分析，分别采用净现值、Black-Scholes 模型和 Geske 模型计算该项目的价值。根据传统的净现值方法，该项目  $NPV < 0$ ，因此，该项目不应该实施。而用实物期权的方法评估该项目得到的结论刚好与净现值相反，该项目应该实施。造成如此大差别的原因是，对于像石油勘探开发这样的分阶段投资项目，传统方法没有充分认识和评价不确定性带来的后续投资机会的价值，因此低估了项目的

价值；在本案例中，我们还对比了将详探阶段和开发阶段分隔开来作为互不相关的两个决策点分别用 Black-Scholes 模型计算这两阶段实物期权的价值与将详探阶段和开发阶段作为一个整体用 Geskes 模型计算的实物期权价值，发现用单阶段 Black-Scholes 模型来评价多阶段的项目时，往往会将项目的价值高估。究其原因，是因为 Black-Scholes 模型忽略了各个期权间的相互关系，将这种相互关系看作是线性的，而实际上两阶段的期权的相互不是线性的，他们之间的关系是前一阶段标的资产的价值是后一阶段期权价值，后一阶段期权的存在会有效得提高前一阶段标的资产的价值。因此，运用单阶段实物期权评价具有多阶段性质的项目往往会高估项目的实物期权价值。本论文运用 Geskes 模型的方法，在充分认识到不确定的价值基础上，不但评价了当前阶段的价值，还评价了由此引起的相关的后续阶段投资机会的价值，从而避免了错误的决策。

**关键词：**

石油勘探开发项目    经济评价    实物期权

## **ABSTRACT**

Petroleum, the "blood of industry", is an important chip in political, military and diplomatic relations. In the past 50 years, international contests surrounding the petroleum resources have never stopped and conflicts and wars in many regions are closely related to oil. The competition in this field has long gone beyond the category of general commerce.

As China's economy is blooming rapidly, petroleum consumption ushers in a period of comparatively rapid growth. Since 1993, China has become a net petroleum import country, and in the year 2003, China imported 91.12 million tons of crude oil. It was predicted that by 2020, China's annual consumption of petroleum would increase by 3 percent on average, the output of crude oil would undergo steady growth, and the volume of petroleum import would grow on a yearly basis. In order to meet the rapid petroleum demand in China, We must continue to find new reserves of oil and gas, alternative sources of energy, as well as ways for maximizing production from the wells in reservoirs, ensuring that we have the right facilities in place to produce every drop we can in a way that is environmentally safe, cost effective and operationally sound. In addition to maximizing production from wells, oil companies must also make decisions that maximize overall returns, a sometimes contradictory notion, as well as minimize losses.

However, compare to the western countries, the evaluation methods used in China today is far behind the methods used in the west. In China, we still use the methods such as payback, simple interest rate, discount or net present value (NPV), and internal rate of return (IRR) recommended by industry regulations and standards such as "Construction Project Evaluation Methods and Parameters (2nd edition)" which was developed by National Planning Committee and National Construction Department in 1993, "Petroleum Construction Project Evaluation Methods and Parameters (2nd edition)" which was developed by China National Petroleum Corporation (CNPC) in 1994, "Oil & Gas Exploration Cost and Benefit Evaluation (2nd edition)" which was developed by CNPC in 1995 and etc. All those regulations

and standards were developed in the early 1990s. These methods maybe effective while evaluating some construction projects but not much effective for oil exploration and development project, for none of these methods take into account the uncertainty of variables that may exist in the future and so are inadequate for making a good investment decision particularly in large projects. While in the West, the oil companies such as BP apply real option on the oil & gas exploration and development project evaluation, this method was proven to be more effective than the traditional evaluation method such as Discount Cash Flow (DCF) evaluation.

Real Options Analysis (ROA) is a useful tool for making investment decisions, taking into account uncertainty and building flexibility in the system. ROA often deals with projects that do not have a lot of historical statistics, for example, a new oil field development. The application of real options makes use of risk to add value to a project and therein lays its potential benefit for a field development decision process.

The objective of this thesis is developing a reasonable and effective method for China petroleum exploration and development project evaluation. This thesis is organized as follows. Section two discusses relevant characteristics of petroleum exploration and development project. Section three discusses the characteristics of current valuation techniques such as DCF and Risk Analysis used by firms and the government, and points out their weakness. Section four introduces the methods of the real option and its approach to evaluate the petroleum exploration and development project. Section five presents empirical results drawn from a project A of CNPC. We compare valuation based upon the discounted cash flow approach and the real option valuation approach. Section six summaries and discusses extension of this research.

## **KEY WORDS**

Oil & Gas exploration    Net Cash Flow Model    Real Option Model

# 目 录

第一章 研究背景和目的意义 .....	1
第二章 传统项目投资评价方法及其局限性 .....	4
2.1 贴现现金流量法 (DCF) .....	4
2.1.1 贴现现金流量方法介绍 .....	4
2.1.2 贴现现金流量法在石油勘探开发项目决策中的局限性 .....	6
2.1.3 小结 .....	7
2.2 风险分析技术 .....	8
2.2.1 风险分析技术介绍 .....	8
2.2.2 决策树分析法在石油勘探开发项目决策中的局限性 .....	10
2.2.3 小结 .....	11
第三章 实物期权理论 .....	12
3.1 实物期权理论的起源 .....	12
3.2 实物期权的核心思想 .....	13
3.3 实物期权的应用逻辑 .....	13
3.4 实物期权的基本特征 .....	14
3.5 实物期权的类型 .....	15
3.5.1 延迟期权 (Option to defer) .....	15
3.5.2 复合期权 (Compound option) .....	15
3.5.3 修正期权 (Option to alter operating scale) .....	16
3.5.4 放弃期权 (Option to abandon) .....	16
3.5.5 转换期权 (Option to switch) .....	17
3.5.6 成长期权 (Growth option) .....	17
3.6 实物期权定价模型 .....	18
3.6.1 实物期权建模思想 .....	18
3.6.2 实物期权定价模型分类 .....	19
3.7 实物期权法与贴现现金流量法 (DCF) 的联系 .....	19
第四章 实物期权在石油勘探开发项目中的运用 .....	21
4.1 国内外相关研究 .....	21
4.1.1 国外相关研究 .....	21
4.1.2 国内相关研究 .....	22
4.2 实物期权在石油勘探开发项目决策中应用的合理性 .....	23
4.3 实物期权在石油勘探开发项目决策中的应用思路 .....	27
4.4 石油勘探开发项目决策的实物期权类型 .....	27
4.4.1 推迟期权 .....	27
4.4.2 放弃期权 .....	28
4.4.3 规模变更期权 .....	28



4.4.4 复合期权.....	28
<b>4.5 石油勘探开发项目决策的实物期权定价方程及参数.....</b>	<b>28</b>
4.5.1 实物期权定价方程.....	28
4.5.2 石油勘探开发项目决策的实物期权参数的确定.....	33
<b>第五章 案例分析 .....</b>	<b>36</b>
<b>第六章 总结 .....</b>	<b>44</b>
<b>参考文献.....</b>	<b>46</b>
<b>致 谢.....</b>	<b>49</b>

# CONTENTS

<b>CHAPTER 1 INTRODUCTION.....</b>	<b>1</b>
<b>CHAPTER 2 CURRENT METHODS FOR OIL &amp; GAS PROJECT EVLUATION AND THEIRS LIMITATION.....</b>	<b>4</b>
<b>2.1 DISCOUNT CASH FLOW DECISION ANALYSIS MODELS.....</b>	<b>4</b>
2.1.1 Discount cash flow decision analysis models.....	4
2.1.2 The limitations of discount cash flow decision analysis models.....	6
2.1.3 Summary.....	7
<b>2.2.RISK ANALYSIS DECISION MAKING MODELS.....</b>	<b>8</b>
2.2.1 Risk analysis decision making models.....	8
2.2.2 The limitations of Risk analysis decision making models.....	10
2.2.3 Summary.....	11
<b>CHAPTER 3 THE REAL OPTION METHOD.....</b>	<b>12</b>
<b>3.1 THE DEVELOPMENT OF THE REAL OPTION METHOD.....</b>	<b>12</b>
<b>3.2 THE CORE OF THE REAL OPTION METHOD.....</b>	<b>13</b>
<b>3.3 THE LOGICS OF THE REAL OPTION METHOD.....</b>	<b>13</b>
<b>3.4 THE CHARACTERISTICS OF THE REAL OPTION METHOD.....</b>	<b>14</b>
<b>3.5 THE TAXONOMY OF THE REAL OPTION METHOD.....</b>	<b>15</b>
3.5.1 Option to defer.....	14
3.5.2 Time-to-build option.....	15
3.5.3 Option to alter operating scale.....	15
3.5.4 Option to abandon.....	16
3.5.5 Option to switch.....	16
3.5.6 Growth option.....	16
3.5.7 Multiple interacting options.....	17
<b>3.6 THE REAL OPTION MODELS.....</b>	<b>17</b>
3.6.1 the real option models.....	17
3.6.2 the taxonomy of the real option models.....	18
<b>3.7 THE RELATIONSHIP BETWEEN REAL OPTION AND DISCOUNT CASH FLOW.....</b>	<b>19</b>
<b>CHAPTER 4 APPLY REAL OPTION MODEL TO OIL &amp; GAS PROJECT EVALUATION.....</b>	<b>21</b>
<b>4.1 LITERATURE REVIEW.....</b>	<b>21</b>
4.1.1 oversee research review.....	21
4.1.2 domestic research review.....	22

<b>4.2 THE RATIONALITIES OF APPLYING REAL OPTION TO THE OIL &amp; GAS PROJECT EVALUATION.....</b>	<b>23</b>
<b>4.3 THE PROCESS OF APPLYING REAL OPTION METHOD ON THE OIL &amp; GAS PROJECT EVALUATION.....</b>	<b>27</b>
<b>4.4 TYPES OF OIL &amp; GAS PROJECET REAL OPTION.....</b>	<b>27</b>
4.4.1 option to defer.....	27
4.4.2 option to abandon.....	28
4.4.3 option to change.....	28
4.4.4 multiple interacting option.....	28
<b>4.5 THE MODELS AND PARAMETERS OF THE REAL OPTION MODELS ON OIL &amp; GAS PROJECT EVALUATION.....</b>	<b>28</b>
4.5.1 the models of real option model on oil & gas project evaluation.....	29
4.5.2 the parameters of the real option model on oil & gas project evaluation.....	33
<b>CHAPTER 5 CASE STUDY.....</b>	<b>36</b>
<b>CHAPTER 6 CONCLUSION &amp; SUMMARY.....</b>	<b>44</b>
<b>REFERENCE.....</b>	<b>46</b>

厦门大学博硕士论文摘要库

## 第一章 研究背景和目的意义

石油，被称做“黑色的金子”，“工业血液”，是世界第一战略物资。自从人类选择了石油，它就成了人类政治、经济、军事、战略斗争的核心之一。

在过去的 15 年里，中国原油产出年均增长率仅为 1.8%，而石油消费平均增长速度达到 4.9%，成为世界石油消费增长最快的国家。据国际能源署统计，20 世纪 90 年代，我国石油需求年均增长 7.4%（全球为 1.4%），全球石油需求增加的 25% 来自中国，2003 年这项指标达到 36%。我国从 1994 年变为石油净进口国以来，石油消费量不断飙升，2002 年进口为 6941 万吨，2003 年则上升了 31%，达到 9112 万吨，对外依存度也由 1995 年的 7.6% 增加到 2003 年的 36.1%，成为全球第二大石油进口国。据估算，到 2020 年石油消费量最少也要 5 亿吨，自产 2 亿吨，缺口有 3 亿吨<sup>[1]</sup>。为弥补这样的供需缺口，除了进口更多的国外原油外，必须加大国内石油的产量；除了立足国内，还要“走出去”参与世界石油的勘探开发，使得我国的石油供给多元化，以满足我国日益增长的经济需求，保证国家的安全与繁荣。

石油勘探开发投资是以发现和开发石油资源为对象的投资活动，是以获得预期经济效益与社会效益为目的的资金投入行为及运作过程。与其他经济领域的投资相比，石油勘探开发项目有其特殊性，主要表现在：（1）石油勘探开发投资是以地下资源为对象的投资，投资的经济效益不仅受投资过程科学管理的影响，而且更取决于地下资源的状况。勘探开发投资必须要有资源基础，要有含油气区块或探明的石油资源。其投资区域、投资规模，受制于油气地质条件，不像其他领域的投资那么灵活。（2）石油勘探开发投资是高风险投资。首先，石油勘探开发涉及多学科、多专业、多工种野外协同作业，自然因素、地质因素、社会因素导致的工程风险远比其他经济建设项目大得多；其次，由于油价变动不易预测和项目寿命周期长，投资的经济风险会大幅度上升；此外，还需承担多数经济建设项目不存在的巨大的资源风险。Lerche（1997）曾指出全世界的钻井成功率仅仅为 10%，而每口井的平均投资额就高达 1,500 万美元<sup>[2]</sup>。（3）石油不仅是一种优质能源和化工原料，而且还是重要的战略物资。石油供给状况影响着一个国家的能源安全乃至经济与政治安全。石油勘探开发既关系国计民生，也关系到民族的振兴与长治久安。因此，石油勘探开发投资，不是一种简单的经济行为。（4）石油

投资是技术密集型投资,技术构成及技术组合的复杂性要比一般项目高得多,其实际经济效益受技术进步的巨大影响,与其他项目相比更应考虑技术进步对投资经济效益的影响<sup>[3]</sup>。通过以上对石油勘探开发项目特点的介绍,我们可以清楚地看到对于投资大、周期长、风险大的石油项目来说,必须要有一种灵活的经济评价方法来对其进行项目评估。

西方国家勘探开发经济评价工作始于 20 世纪 60 年代,目前西方许多大型石油公司如 BP、Chevron Texaco、Statoil 等已经形成了完整的经济评价方法和评价指标体系,他们的经济评价工作已经不局限在静态的评价指标,而是强调动态性和经济性,评价结果随油价和原油储量的变化而变化。

我国石油勘探开发的经济评价工作起步于上世纪六十年代,在二十世纪七十年代末开始运用现代工程经济评价方法分析方案的经济效益,但由于我国尚处于计划经济时代,因此此时对应石油勘探开发的经济评价程度不够,研究的深度也不够。随着计划经济体制向市场经济体制的转化:上世纪的八、九十年代,我国石油勘探开发项目的评价方法发展较快,1987 年,国家储委、国家计委、国家经委联合颁布了《矿产勘探各阶段矿床技术经济评价暂行规定》<sup>[4]</sup>;1991 年,国家储委发布了《油(气)田(藏)储量技术经济评价规定》,制定了油气储量技术经济评价方法、参数、要求,及其适用范围<sup>[5]</sup>。原中国石油天然气总公司以此为参照,并根据国家计委、建设部 1993 年颁布的《建设项目经济评价方法与参数》(第二版)的要求,于 1994 年编制了《石油工业建设项目经济评价方法与参数》(第二版)(以下简称《方法与参数》),规定经济评价应按《方法与参数》所列的各项经济评价指标、计算公式、计算表格及主要参数进行<sup>[6][7]</sup>。此后,又于 1994—1995 年制定了《石油天然气勘探效益评价方法》等一系列有关勘探评价的规范和行业标准<sup>[8]</sup>。上述的规范和行业标准在当时的石油勘探开发管理体制下,在当时对合理评价勘探项目的经济效益起到了积极的推动作用。但是,由于社会主义市场经济制定改革的不断推进以及经济评价技术的不断发展,这些规范和行业标准在经济评价过程中出现了自身难以克服的缺陷,与市场经济环境下经济评价的接轨还有很大的差距。

我国已经加入了 WTO,所有经济活动必须遵循 WTO 的游戏规则,自觉运用市场机制来完成。因此,制定符合市场经济条件下的石油勘探开发项目经济评

价方法就显得日益重要。

本文以实物期权理论为基础，结合中国石油工业的实际，将实物期权理论运用到石油勘探开发项目评价中。本文将分为以下六部分：第一部分，研究的背景和目的意义。通过介绍石油勘探开发项目的特殊性，提出建立灵活的经济评价方法的重要性；第二部分，传统项目投资评价方法及其局限性。介绍各种方法的思路，结合石油勘探开发项目的特殊性，分析传统项目投资评价方法在石油勘探开发项目经济评价中运用的局限性；第三部分，实物期权理论。本章介绍了实物期权理论、实物期权的类型以及实物期权的建模思想；第四部分，实物期权在石油勘探开发中的运用。首先我们对国内外的相关研究进行了回顾，通过对前人研究的回顾，总结出实物期权在石油勘探开发项目中运用的实质：即并非完全抛弃传统的经济评价方法，而是在净现值的方法上考虑项目的期权价值，从而更精确的计算项目的价值；然后分析了石油勘探开发项目的实物期权性质和类型；最后介绍了石油勘探开发项目常用的实物期权定价模型以及分析其参数的确定方法；第五部分，案例分析。根据以上的理论分析，结合具体案例，分别用贴现现金流量方法和实物期权的方法对案例的项目价值进行计算，分析造成结果不同的原因；第六部分，总结和展望，根据以上的案例分析，分析本文的优缺点以及提出对未来研究的展望。

## 第二章 传统项目投资评价方法及其局限性

### 2.1 贴现现金流量法（DCF）

#### 2.1.1 贴现现金流量方法介绍

贴现现金流量法是由美国西北大学阿尔弗雷德·巴波特于 1986 年提出，也被称作拉巴波特模型（Rappaport Model），是用贴现现金流量方法确定最高可接受的并购价值的方法，这就需要估计由并购引起的期望的增量现金流量和贴现率（或资本成本），即企业进行新投资，市场所要求的最低的可接受的报酬率。其总体的思路为：估计兼并后增加的现金流量和用于计算这些现金流量现值的折现率，然后计算出这些增加的现金流量的现值，这就是兼并方所愿意支付的最高价格。如果实际成交价格高于这个价格，则不但不会给兼并企业带来好处，反而会引起亏损。主要的贴现现金流量方法有净现值法，内部收益率法以及投资回收期法，下面我们分别对这三种方法做出介绍。

##### 2.1.1.1 净现值法(NPV)

净现值是指按行业的基准收益率或者设定的折现率，将项目未来各年的净现金流量折现到投资初始的现值之和，它是考察项目盈利能力的一个指标。

由于项目的投资支出与未来收入发生在不同时期，只有按资金的时间价值，将收入和支出换算到统一的时间基础上，才能正确反映投资效果。如果项目的净现值为正数，说明项目的投资收益率要高于计算净现值所用的折现率，一般可考虑采纳投资方案；如果净现值为零，说明项目的投资报酬率刚好是所采用的折现率；如果净现值是负数，说明项目的投资报酬率低于所采用的折现率，一般应该放弃投资方案。

净现值的计算步骤是：（1）计算投资项目各年的净现金流量；（2）采用适当的折现率，查表或者计算得出各年的折现系数；（3）将各年的净现金流量乘以相应的折现系数求出现值；（4）对各年的净现金流量的现值求和，得到的投资项目的净现值。净现值的计算公式为：

$$NPV = \sum_{t=0}^n \frac{(C_t - C_0)t}{(1+i)^t}$$



Degree papers are in the "[Xiamen University Electronic Theses and Dissertations Database](#)". Full texts are available in the following ways:

1. If your library is a CALIS member libraries, please log on <http://etd.calis.edu.cn/> and submit requests online, or consult the interlibrary loan department in your library.
2. For users of non-CALIS member libraries, please mail to [etd@xmu.edu.cn](mailto:etd@xmu.edu.cn) for delivery details.

厦门大学博硕士论文摘要库